

⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑯ Offenlegungsschrift  
⑯ DE 195 00 690 A 1

⑯ Int. Cl. 8:  
**F 02 M 37/04**  
F 02 M 59/20

⑯ Aktenzeichen: 195 00 690.9  
⑯ Anmeldetag: 12. 1. 95  
⑯ Offenlegungstag: 18. 7. 96

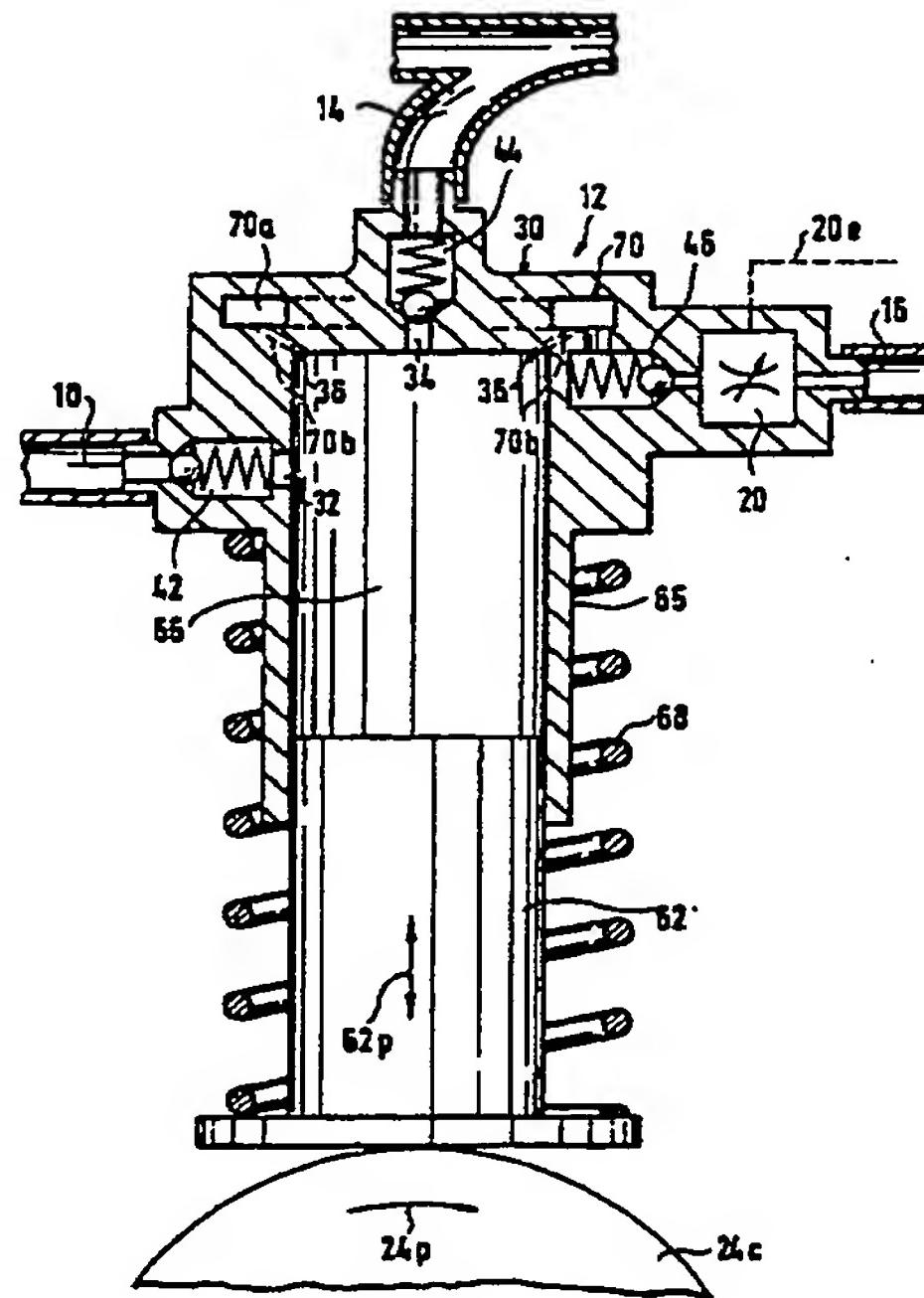
DE 195 00 690 A 1

⑯ Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70489 Stuttgart, DE

⑯ Erfinder:  
Rembold, Helmut, Dipl.-Ing., 70435 Stuttgart, DE

⑯ Kraftstoffversorgungsanlage und Verfahren zum Betreiben einer Kraftstoffversorgungsanlage

⑯ Bisher war bei einer Kraftstoffversorgungsanlage, bei der direkt in den Brennraum der Brennkraftmaschine eingespritzt wird, die Zündfähigkeit nicht immer gewährleistet. Es wird vorgeschlagen, direkt in dem Pumpenraum (66) der Kraftstoffpumpe (12) dem Kraftstoff Luft zuzumischen, was die Zündfähigkeit des Kraftstoff-Luftgemisches deutlich verbessert und zusätzlich die Möglichkeit bietet, auf einfache Weise die Fördermenge der Kraftstoffpumpe (12) zu beeinflussen. Die Kraftstoffversorgungsanlage und das Verfahren zum Betreiben der Kraftstoffversorgungsanlage ist insbesondere für Brennkraftmaschinen mit Benzin-Direkteinspritzung geeignet.



## Beschreibung

## Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einer Kraftstoffversorgungsanlage zum Versorgen einer Brennkraftmaschine mit Kraftstoff nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 bzw. einem Verfahren zum Betreiben einer Kraftstoffversorgungsanlage nach dem Oberbegriff des Anspruchs 11.

Brennkraftmaschinen benötigen zu ihrem Betrieb eine bestimmte Menge Luft und eine bestimmte Menge Kraftstoff. Je nach Bauart der Brennkraftmaschine wird der Kraftstoff einem Brennraum vorgelagert oder in dem Brennraum der Brennkraftmaschine mit der Luft vermischt. Bei bestimmten Betriebsbedingungen der Brennkraftmaschine ist nicht immer eine ausreichend gute Vermischung des Kraftstoffs mit der Luft gewährleistet, so daß bei bestimmten Betriebsbedingungen in dem Brennraum der Brennkraftmaschine nicht immer eine gute Zündungsfähigkeit des Kraftstoff-Luftgemisches gewährleistet ist.

Bei manchen Kraftstoffversorgungsanlagen wird die Kraftstoffpumpe von der Brennkraftmaschine unmittelbar mechanisch angetrieben. Wegen dieser mechanischen Verbindung zwischen einer Abtriebswelle der Brennkraftmaschine und der Kraftstoffpumpe ist die Drehzahl der Kraftstoffpumpe starr an die Drehzahl der Abtriebswelle der Brennkraftmaschine gekoppelt. Da es wünschenswert ist, die Förderleistung der Kraftstoffpumpe unabhängig von der Drehzahl der Abtriebswelle der Brennkraftmaschine zu beeinflussen, ist es bekannt, zwischen der Abtriebswelle und der Kraftstoffpumpe ein Korrekturglied zum Steuern der Kraftstoffförderung vorzusehen. Damit die Förderleistung der Kraftstoffpumpe unabhängig von der Drehzahl der Abtriebswelle der Brennkraftmaschine gesteuert werden kann, ist eine aufwendige verstellbare Kraftstoffpumpe erforderlich. Die Herstellung einer derartigen verstellbaren Kraftstoffpumpe ist sehr kostenintensiv und, weil eine derartige Kraftstoffpumpe viele komplizierte Teile umfaßt, ist die verstellbare Kraftstoffpumpe erhöht störanfällig. Es könnte auch ein steuerbarer Elektroantrieb für die Kraftstoffpumpe vorgesehen werden. Doch auch dies ist sehr aufwendig.

## Vorteile der Erfindung

Die erfindungsgemäße Kraftstoffversorgungsanlage mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 bzw. das erfindungsgemäße Verfahren mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 11 haben demgegenüber den Vorteil, daß in dem Brennraum der Brennkraftmaschine ein gut aufbereitetes Kraftstoff-Luftgemisch auf einfache Weise zur Verfügung gestellt werden kann.

Ein weiterer Vorteil ist, daß die von der Kraftstoffpumpe geförderte Menge an Kraftstoff auf einfache Weise beeinflußt werden kann.

Durch die in den abhängigen Ansprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen der Kraftstoffversorgungsanlage nach dem Anspruch 1 bzw. dem Verfahren nach dem Anspruch 11 möglich.

Das Zusammenbringen der Luft mit dem Kraftstoff vor dem Einbringen des Kraftstoffs in den Brennraum ergibt den Vorteil, daß man in dem Brennraum ein sehr

gut aufbereitetes zündwilliges Kraftstoff-Luftgemisch erhält.

Es gibt Kraftstoffversorgungsanlagen, bei denen eine normalerweise elektrisch angetriebene Vorförderpumpe den Kraftstoff aus dem Kraftstoffvorratsbehälter zur Kraftstoffpumpe fördert. Die Kraftstoffpumpe wird bei derartigen Kraftstoffversorgungsanlagen üblicherweise von einer Abtriebswelle der Brennkraftmaschine direkt mechanisch angetrieben. Auch bei dieser Art von Kraftstoffversorgungsanlagen erhält man den Vorteil, daß die von der Kraftstoffpumpe geförderte Menge des Kraftstoffs auf einfache Weise beeinflußt werden kann, wobei des weiteren die Dissipation vorteilhafterweise sehr gering ist.

15 Durch die Druckabsenkung des Drucks im Pumpenraum während der Expansionsphase ergibt sich der Vorteil, daß die Luft ohne zusätzliche Luft-Pumpe dem Kraftstoff zugemischt werden kann.

Ein Steuerventil in der Luftleitung zum Luftführungsanschluß bietet vorteilhafterweise die Möglichkeit zur Steuerung der Menge der Luftzugabe in den Pumpenraum.

20 Wenn während der Kompressionsphase zeitweise, insbesondere gegen Ende der Kompressionsphase hin, der Luftzuführungsanschluß geschlossen ist, dann verringert dies auf vorteilhafte Weise das Totvolumen in der Kraftstoffpumpe und verbessert dadurch vorteilhafterweise deren Wirkungsgrad.

25 Ist während der Expansionsphase der Luftzuführungsanschluß geöffnet, bevor der Kraftstoffverbindungsanschluß geöffnet wird, so bietet dies den Vorteil, daß auf einfache Weise in kurzer Zeit besonders viel Luft in den Pumpenraum angesaugt wird.

30 Ist der Pumpenkörper gleichzeitig zum Öffnen bzw. Schließen des Kraftstoffverbindungsanschlusses vorgesehen, so vereinfacht dies den Bauaufwand für die Kraftstoffversorgungsanlage wesentlich.

35 Entsprechendes gilt auch, wenn der Pumpenkörper zum Öffnen bzw. Schließen des Luftzuführungsanschlusses vorgesehen ist.

40 Die Vermischungseinrichtung bietet den Vorteil einer besonders innigen Vermischung zwischen der Luft und dem Kraftstoff.

45 Die Steuerung der Zugabe der Luft in den Pumpenraum kann vorteilhafterweise dazu benutzt werden, einen von der Kraftstoffpumpe stromabwärts (in Strömungsrichtung hinter der Kraftstoffpumpe) herrschenden Druck auf einfache Weise zu beeinflussen.

50 Die Steuerung der Zugabe der Luft in den Pumpenraum in Abhängigkeit einer Aufbereitung des in dem Brennraum der Brennkraftmaschine eingegebenen Kraftstoffs bietet den Vorteil, auch bei ungünstigen Betriebsbedingungen der Brennkraftmaschine im Brennraum gut aufbereiteten Kraftstoff zur Verfügung stellen zu können. Dies kann die Zündfähigkeit des Kraftstoffs günstig beeinflussen.

## Zeichnung

60 Ausgewählte, besonders vorteilhafte Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung vereinfacht dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen die Fig. 1 ein ausgewähltes, besonders vorteilhaft ausgebildetes Ausführungsbeispiel der Kraftstoffversorgungsanlage in Übersicht und die Fig. 2 bis 4 beispielhaft verschiedene und unterschiedlich ausgebildete Einzelheiten der erfindungsgemäßen Kraftstoffversorgungsanlage.

## Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Die erfindungsgemäße Kraftstoffversorgungsanlage zum Versorgen einer Brennkraftmaschine mit Kraftstoff kann bei verschiedenen Arten von Brennkraftmaschinen verwendet werden. Die Brennkraftmaschine ist beispielsweise ein Ottomotor mit äußerer oder innerer Gemischbildung und Fremdzündung, wobei der Motor mit einem hin- und hergehenden Kolben (Hubkolbenmotor) oder mit einem drehbar gelagerten Kolben (Wankel-Kolbenmotor) versehen sein kann. Die Brennkraftmaschine kann beispielsweise auch ein Hybridmotor sein. Bei diesem Motor mit Ladungsschichtung wird das Kraftstoff-Luftgemisch im Bereich der Zündkerze so weit angereichert, daß eine sichere Entflammung garantiert ist, die Verbrennung im Mittel aber bei stark abgemagertem Gemisch stattfindet.

Der Gaswechsel im Brennraum der Brennkraftmaschine kann beispielsweise nach dem Viertaktverfahren oder nach dem Zweitaktverfahren erfolgen. Zur Steuerung des Gaswechsels im Brennraum der Brennkraftmaschine können in bekannter Weise Gaswechselventile (Einlaßventile und Auslaßventile) vorgesehen sein. Die Brennkraftmaschine kann so ausgebildet sein, daß mindestens eine Kraftstoffdüse den Kraftstoff direkt in den Brennraum der Brennkraftmaschine spritzt. Die Steuerung der Leistung der Brennkraftmaschine erfolgt beispielsweise durch Steuerung der dem Brennraum zugeführten Menge an Kraftstoff. Es kann aber auch vorgesehen sein, daß die Kraftstoffdüse den Kraftstoff am Einlaßventil zum Brennraum vorlagert. Bei dieser Ausführung wird die für die Verbrennung des Kraftstoffs dem Brennraum zugeführte Luft üblicherweise mit einer Drosselklappe gesteuert. Über die Stellung der Drosselklappe kann die von der Brennkraftmaschine abzugebende Leistung gesteuert werden.

Die Brennkraftmaschine besitzt beispielsweise einen Zylinder mit einem Kolben, oder sie kann mit mehreren Zylindern und mit einer dementsprechenden Anzahl Kolben versehen sein. Vorzugsweise ist je Zylinder je eine Kraftstoffdüse vorgesehen.

Um den Umfang der Beschreibung nicht unnötig umfangreich ausfallen zu lassen, beschränkt sich die nachfolgende Beschreibung der Ausführungsbeispiele auf einen Hubkolbenmotor mit vier Zylindern als Brennkraftmaschine, wobei die vier Kraftstoffdüsen den Kraftstoff (Benzin) unter relativ hohem Druck direkt in den Brennraum der Brennkraftmaschine hineinspritzen. Die Leistung der Brennkraftmaschine wird über eine Steuerung der eingespritzten Kraftstoffmenge gesteuert. Im Leerlauf und bei unterer Teillast erfolgt eine Ladungsschichtung im Brennraum mit einer Kraftstoffanreicherung im Bereich der Zündkerze. Bei Vollast bzw. oberer Teillast wird im Brennraum eine homogene Verteilung zwischen dem Kraftstoff und der Luft angestrebt.

Die Fig. 1 stellt ein ausgewähltes, besonders vorteilhaftes Ausführungsbeispiel der Kraftstoffversorgungsanlage dar.

Die Fig. 1 zeigt einen Kraftstoffvorratsbehälter 2, eine Saugleitung 4, eine Vorförderpumpe 6, eine Drucksteuereinrichtung 8, eine Kraftstoffverbindung 10, eine Kraftstoffpumpe 12, eine Fluidleitung 14, eine Luftleitung 16, ein Saugrohr 18, ein Steuerventil 20, eine Brennkraftmaschine 22, mechanische Übertragungsmittel 24, eine Steuerungseinrichtung 26 und eine Eingabeinrichtung 28.

Die Vorförderpumpe 6 umfaßt beispielsweise einen Elektromotor 6a und eine Flüssigkeitspumpe 6b. Der

Elektromotor 6a treibt die Flüssigkeitspumpe 6b. Die Flüssigkeitspumpe 6b der Vorförderpumpe 6 saugt den Kraftstoff aus dem Kraftstoffvorratsbehälter 2 durch die Saugleitung 4 und fördert den Kraftstoff in die Kraftstoffverbindung 10. Eine nicht benötigte überschüssige Menge des Kraftstoffs wird durch die Drucksteuereinrichtung 8 aus der Kraftstoffverbindung 10 in den Kraftstoffvorratsbehälter 2 abgeführt.

Die Kraftstoffpumpe 12 umfaßt ein Kraftstoffpumpelement 30, ein Kraftstoffpumpenelement 30' und ein Kraftstoffpumpenelement 30''. Die Kraftstoffverbindung 10 mündet an einem Kraftstoffverbundungsanschluß 32 in das Kraftstoffpumpenelement 30. Die Kraftstoffverbindung 10 mündet des weiteren über einen Kraftstoffverbundungsanschluß 32' in das Kraftstoffpumpenelement 30' und über einen Kraftstoffverbundungsanschluß 32'' in das Kraftstoffpumpenelement 30''. Die Fluidleitung 14 ist über einen Fluidleitungsanschluß 34 an dem Kraftstoffpumpenelement 30 angegeschlossen. Des weiteren ist die Fluidleitung 14 über einen Fluidleitungsanschluß 34' bzw. 34'' an dem Kraftstoffpumpenelement 30' bzw. 30'' angeschlossen. Die Luftleitung 16 mündet an einem Luftzuführungsanschluß 36 in das Kraftstoffpumpenelement 30. Des weiteren mündet die Luftleitung 16 über einen Luftzuführungsanschluß 36' in das Kraftstoffpumpenelement 30' und über einen Luftzuführungsanschluß 36'' in das Kraftstoffpumpenelement 30''. Unmittelbar im Bereich des Kraftstoffverbundungsanschlusses 32 gibt es in der Kraftstoffverbindung 10 ein Rückschlagventil 42. Entsprechend gibt es in der Kraftstoffverbindung 10 (in Strömungsrichtung betrachtet) unmittelbar vor den Kraftstoffverbundungsanschlüssen 32' und 32'' je ein Rückschlagventil 42' und 42''. Stromabwärts (d. h. in Strömungsrichtung betrachtet) unmittelbar hinter dem Fluidleitungsanschluß 34 ist in der Fluidleitung 14 ein Rückschlagventil 44 vorgesehen. Entsprechend gibt es hinter den Fluidleitungsanschlüssen 34' und 34'' je ein Rückschlagventil 44' und 44''. Stromaufwärts (d. h. in Strömungsrichtung betrachtet) im Verlauf der Luftleitung 16 ist dem Luftzuführungsanschluß 36 ein Rückschlagventil 46 vorgelagert. Ebenso sind den Luftzuführungsanschlüssen 36' und 36'' je ein Rückschlagventil 46', 46'' vorgelagert.

Die Fluidleitung 14 umfaßt ein Leitungsstück 14a und ein Verteilstück 14b. Vom Verteilstück 14b verzweigt sich die Fluidleitung 14 in vier Düsenanschlußleitungen 14c, 14c', 14c'', 14c'''. Im Inneren der Brennkraftmaschine 22 gibt es einen Brennraum 22a, sowie drei weitere Brennräume 22a', 22a'' und 22a'''. Aus der Düsenanschlußleitung 14c gelangt der Kraftstoff durch eine elektrisch ansteuerbare Kraftstoffdüse 50 in den Brennraum 22a. Parallel dazu gelangt je ein Teil des Kraftstoffs aus den Düsenanschlußleitungen 14c', 14c'', 14c''' durch je eine Kraftstoffdüse 50', 50'', 50''' in die Brennräume 22a', 22a'', 22a'''. Am Verteilstück 14b der Fluidleitung 14 ist ein Drucksensor 54 vorgesehen. Der Drucksensor 54 mißt den Druck des Kraftstoffs im Verteilstück 14b. Da der Kraftstoff aus dem Leitungsstück 14a über das Verteilstück 14b und die Düsenanschlußleitungen 14c, 14c', 14c'', 14c''' zu den Kraftstoffdüsen 50, 50', 50'', 50''' so gut wie ungedrosselt strömen kann, kann der Drucksensor 54 den Druck des Kraftstoffs so messen, wie er den Kraftstoffdüsen 50, 50', 50'', 50''' vorgelagert ist. Der Drucksensor 54 liefert sein Meßsignal über eine elektrische Leitung 54e zur Steuerungseinrichtung 26. Über elektrische Leitungen 50e, 50e', 50e'', 50e''' sind die Kraftstoffdüsen 50, 50', 50'', 50''' an der Steuerungs-

einrichtung 26 angeschlossen. Dadurch kann die Steuerungseinrichtung 26 die Kraftstoffdüsen 50, 50', 50'', 50''' je nach Bedarf öffnen und schließen, so daß die genau gewünschte Menge an Kraftstoff aus der Fluidleitung 14 in die Brennräume 22a, 22a', 22a'', 22a''' der Brennkraftmaschine 22 gelangen kann.

Das Steuerventil 20 ist über eine elektrische Leitung 20e elektrisch mit der Steuerungseinrichtung 26 verbunden. Die Eingabeeinrichtung 28 kann ihre Signale über eine elektrische Leitung 28e an die Steuerungseinrichtung 26 liefern. Der besseren Übersichtlichkeit wegen sind die elektrischen Leitungen 20e, 28e, 50e, 50e', 50e'', 50e''' gestrichelt dargestellt.

Am Eingang zum Saugrohr 18 ist ein Luftfilter 58 vorgesehen. Im Saugrohr 18 gibt es eine Drosselklappe 60. Mit der Drosselklappe 60 kann die der Brennkraftmaschine 22 zugeführte Verbrennungsluft gesteuert werden.

Die Brennkraftmaschine 22 hat eine Abtriebswelle 24a, die innerhalb der Brennkraftmaschine 22 an die Bewegung der Kolben der Brennkraftmaschine 22 gekoppelt ist. Die Abtriebswelle 24a treibt eine Pumpenwelle 24b der Kraftstoffpumpe 12. Die Abtriebswelle 24a und die Pumpenwelle 24b sind Bestandteile der mechanischen Übertragungsmittel 24. Mit der Pumpenwelle 24b sind drei Exzenter scheiben 24c, 24c', 24c'' drehfest verbunden. Die Brennkraftmaschine 22 treibt über die sich drehende Abtriebswelle 24a die Pumpenwelle 24b. In der Zeichnung ist dies durch einen Pfeil 24p symbolhaft angedeutet. Bei Drehung der Pumpenwelle 24b hat man den Eindruck, als ob die Exzenter scheiben 24c, 24c', 24c'' Auf- und Abwärtsbewegungen ausführen würden.

Die Kraftstoffpumpenelemente 30, 30', 30'' haben je einen Pumpenkörper 62, 62', 62''. Bei Drehung der Abtriebswelle 24a machen die Pumpenkörper 62, 62', 62'' Bewegungen in Aufwärtsrichtung und in Abwärtsrichtung, was in der Zeichnung mit den Pfeilen 62p, 62p'' symbolhaft angedeutet ist. Die Brennkraftmaschine 22 treibt über die mechanischen Übertragungsmittel 24 die Pumpenkörper 62, 62', 62''. Dadurch ist die Kraftstoffpumpe 12 antriebsseitig mechanisch starr an die Brennkraftmaschine 22 gekoppelt.

Werden die Pumpenkörper 62, 62', 62'' angetrieben, so nimmt die Kraftstoffpumpe 12 über die Kraftstoffverbindungsanschlüsse 32, 32', 32'' aus der Kraftstoffverbindung 10 Kraftstoff auf und fördert diesen Kraftstoff durch die Fluidleitungsanschlüsse 34, 34', 34'' über die Fluidleitung 14 und über die Kraftstoffdüsen 50, 50', 50'', 50''' in die Brennräume 22a, 22a', 22a'', 22a''' der Brennkraftmaschine 22. Die Luftleitung 16 zweigt unmittelbar hinter dem Luftfilter 58 aus dem Saugrohr 18 ab. Durch das Luftfilter 58 kann Luft durch die Luftleitung 16 und durch die Luftzuführungsanschlüsse 36, 36', 36'' in die Kraftstoffpumpenelemente 30, 30', 30'' der Kraftstoffpumpe 12 gelangen. Innerhalb der Kraftstoffpumpe 12 wird die durch die Luftleitung 16 zuströmende Luft mit dem Kraftstoff vermischt.

Mit Hilfe des Steuerventils 20 kann die in die Kraftstoffpumpenelemente 30, 30', 30'' strömende Menge an Luft von der Steuerungseinrichtung 26 beeinflußt werden.

Die Rückschlagventile 42, 42', 42'' gestatten das Einströmen des Kraftstoffs aus Richtung der Vorförderpumpe 6 in die Kraftstoffpumpenelemente 30, 30', 30'' der Kraftstoffpumpe 12. Die Rückschlagventile 44, 44', 44'' erlauben eine Strömung durch die Fluidleitung 14 in Richtung der Brennräume 22a, 22a', 22a'', 22a'''.

Rückschlagventile 46, 46', 46'' gestatten, daß die Luft durch die Luftleitung 16 in die Kraftstoffpumpenelemente 30, 30', 30'' gelangen kann. Die Rückschlagventile 42, 42', 42'', 44, 44', 44'', 46, 46', 46'' versperren aber die jeweils entgegengesetzte Strömungsrichtung.

Die Ausführung und das Arbeiten des Kraftstoffpumpenelements 30 der Kraftstoffpumpe 12 ist nachfolgend anhand der Fig. 2 bis 4 näher erläutert.

Die Fig. 2 zeigt in beispielhafter Form, mit geändertem Maßstab eine Einzelheit der erfindungsgemäßen Kraftstoffversorgungsanlage.

Zwecks besserer Übersichtlichkeit ist das in der Fig. 2 dargestellte Ausführungsbeispiel gegenüber dem in der Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiel etwas abgewandelt, und die Kraftstoffversorgungsanlage ist in der Fig. 2 nur ausschnittweise gezeigt.

In allen Figuren sind gleiche oder gleich wirkende Teile mit denselben Bezugszeichen versehen.

Sofern nichts Gegenteiliges erwähnt bzw. in der Zeichnung dargestellt ist, gilt das anhand eines der Figuren Erwähnte und Dargestellte auch bei den anderen Ausführungsbeispielen. Sofern sich aus den Erläuterungen nichts anderes ergibt, sind die Einzelheiten der verschiedenen Ausführungsbeispiele miteinander kombinierbar.

Bei der in der Fig. 2 dargestellten Einzelheit der Kraftstoffversorgungsanlage umfaßt die Kraftstoffpumpe 12 das Kraftstoffpumpenelement 30, den Pumpenkörper 62, die Rückschlagventile 42, 44, 46, das Steuerventil 20, ein Pumpengehäuse 65, einen Pumpenraum 66, eine Rückstelleinrichtung 68 und eine Vermischungseinrichtung 70. Der besseren Übersichtlichkeit wegen sind in der Fig. 2 die Kraftstoffpumpenelemente 30' und 30'' nicht dargestellt. Die Rückstelleinrichtung 68 wird beispielsweise von einer Feder gebildet.

Bei dem in der Fig. 2 gezeigten Ausführungsbeispiel ist der Pumpenkörper 62 in Form eines abgestuft ausgeführten linear antreibbaren Kolbens ausgebildet. Eine Drehbewegung der Exzenter scheibe 24c der mechanischen Übertragungsmittel 24 (Pfeil 24p) führt zu einer Auf- und Abbewegung (Pfeil 62p) des Pumpenkörpers 62 im Pumpengehäuse 65.

Bei einer Aufwärtsbewegung des Pumpenkörpers 62 (Kompressionsphase) verkleinert sich der Pumpenraum 66. Dabei drückt der Pumpenkörper 62 den in dem Pumpenraum 66 vorhandenen Kraftstoff bzw. das Kraftstoff-Luftgemisch durch den Fluidleitungsanschluß 34 und durch das Rückschlagventil 44 in die Fluidleitung 14. Die Rückschlagventile 42 und 46 verhindern bei der Aufwärtsbewegung des Pumpenkörpers 62 ein Entkommen des Kraftstoff-Luftgemisches in die Kraftstoffverbindung 10 bzw. in die Luftleitung 16.

Bevor der Pumpenkörper 62 bei seiner Aufwärtsbewegung seinen oberen Umkehrpunkt erreicht, verschließt der Pumpenkörper 62 den Kraftstoffverbindungsanschluß 32.

Nach Überschreiten des Umkehrpunktes bewegt sich der Pumpenkörper 62 wieder nach unten (Expansionsphase). Dabei entsteht in dem Pumpenraum 66 ein relativ niedriger Druck. Wegen der Rückstelleinrichtung 68 kann dieser Druck sogar deutlich niedriger sein als der Atmosphärendruck. Bei der Abwärtsbewegung des Pumpenkörpers 62 ist der Weg für die Luft aus Richtung der Luftleitung 16 durch den Luftzuführungsanschluß 36 in den Pumpenraum 66 geöffnet. Zunächst bleibt bei der Abwärtsbewegung des Pumpenkörpers 62 der Kraftstoffverbindungsanschluß 32 geschlossen. Deshalb kann in den Pumpenraum 66 zunächst nur Luft aus der Luft-

leitung 16 durch den Luftzuführungsanschluß 36 in den Pumpenraum 66 einströmen. Nachdem sich der Pumpenkörper 62 ein Stück nach unten bewegt hat, öffnet der Pumpenkörper 62 den Kraftstoffverbundungsanschluß 32, so daß nun Kraftstoff aus Richtung der Kraftstoffverbindung 10 durch den Kraftstoffverbundungsanschluß 32 in den Pumpenraum 66 strömen kann.

Bei dem in der Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel sorgt die Vorförderpumpe 6 dafür, daß der Kraftstoff mit einem gewissen Überdruck am Kraftstoffverbundungsanschluß 32 der Kraftstoffpumpe 12 vorgelagert wird. Da während der Expansionsphase nach Öffnen des Kraftstoffverbundungsanschlusses 32 der Kraftstoff mit einem gewissen Überdruck in den Pumpenraum 66 strömt, wird mit dem Öffnen des Kraftstoffverbundungsanschlusses 32 die Zufuhr von Luft durch die Luftleitung 16 beendet bzw. stark vermindert. Bei der Abwärtsbewegung des Pumpenkörpers 62 verhindert das Rückschlagventil 44, daß das Kraftstoff-Luftgemisch aus der Fluidleitung 14 zurück in den Pumpenraum 66 strömen kann.

Zu Beginn der Expansionsphase (d. h. bei dem in der Fig. 2 gezeigten Ausführungsbeispiel Pumpenkörpers 62 nach unten) strömt zunächst nur Luft in den Pumpenraum 66. Im weiteren Verlauf der Expansionsphase kann dann auch Kraftstoff in den Pumpenraum 66 strömen. Dabei vermischt sich der Kraftstoff mit der Luft im Pumpenraum 66. Die innige Vermischung des Kraftstoffs mit der Luft wird begünstigt durch den relativ niedrigen Druck im Pumpenraum 66 während der Expansionsphase.

Die Vermischungseinrichtung 70 ist im Bereich des Luftzuführungsanschlusses 36 vorgesehen. Die Vermischungseinrichtung 70 besteht im wesentlichen aus einem Ringraum 70a und mindestens einem Zuströmkanal 70b. Vorgeschlagen wird vorzugsweise eine Vielzahl von Zuströmkanälen 70b vorzusehen. Der mindestens eine Strömungskanal 70b führt aus dem Ringraum 70a tangential in den Pumpenraum 66. Der mindestens eine Zuströmkanal 70b hat einen relativ kleinen Durchmesser. Dadurch und durch das tangentiale Einströmen in den Pumpenraum 66 bekommt die einströmende Luft einen Drall und hat an dem Luftzuführungsanschluß 36 eine hohe Geschwindigkeit, so daß sich die Luft besonders gut mit dem Kraftstoff im Pumpenraum 66 vermischt.

Der Luftzuführungsanschluß 36 mündet an der dem Pumpenkörper 62 gegenüberliegenden Stirnseite des Pumpenraumes 66 in den Pumpenraum 66, so daß beim oberen Umkehrpunkt des Pumpenkörpers 62 ein möglichst kleiner Totraum übrigbleibt. Durch entsprechende Wahl des Abstandes des Kraftstoffverbundungsanschlusses 32 vom oberen Umkehrpunkt des Pumpenkörpers 62 kann die Menge Luft, die bei vollständig geöffnetem Steuerventil 20 in den Pumpenraum 66 strömen soll, beeinflußt werden. Darüberhinaus kann von der Steuerungseinrichtung 26 durch entsprechendes Schließen des Steuerventils 20 die in den Pumpenraum 66 zuströmende Luft jederzeit den augenblicklich herrschenden Bedingungen der Brennkraftmaschine 22 angepaßt werden.

Die Kraftstoffpumpe 12 kann auf verschiedene Art und Weise ausgeführt sein. Der Pumpenkörper 62 kann beispielsweise linear antreibbar sein (Fig. 1, 2 und 4), oder die Kraftstoffpumpe 12 kann so ausgeführt sein, daß der Pumpenkörper 62 rotatorisch angetrieben wird und sich innerhalb des Pumpengehäuses 65 dreht (Fig. 3). Als Kraftstoffpumpe können verschiedene Ar-

ten von Pumpenprinzipien verwendet werden, insbesondere Radialkolbenpumpen, Axialkolbenpumpen, Flügelzellenpumpen usw.

Die Fig. 3 zeigt eine weitere beispielhaft ausgewählte Möglichkeit zur Ausführung der erfindungsgemäßen Kraftstoffversorgungsanlage.

Hier ist die Kraftstoffpumpe 12 beispielhaft in Form einer Flügelzellenpumpe ausgebildet. Bei dem in der Fig. 3 dargestellten Ausführungsbeispiel besteht der Pumpenkörper 62 im wesentlichen aus einem Grundkörper 62a und vier Trennflügeln 62b. Zwischen dem Pumpengehäuse 65, dem Grundkörper 62a und den Trennflügeln 62b werden vier Pumpenräume 66 gebildet, wobei sich die Volumina der vier Pumpenräume 66 bei Drehung des Pumpenkörpers 62 in Richtung des Pfeils 62p laufend verändern.

An der Stelle, wo der Grundkörper 62a des Pumpenkörpers 62 dem Pumpengehäuse 65 am nächsten steht, bzw. in Drehrichtung (Pfeil 62p) kurz hinter dieser Stelle, mündet der Luftzuführungsanschluß 36 in das Innere des Pumpengehäuses 65. In Drehrichtung hinter dem Luftzuführungsanschluß 36 mündet der Kraftstoffverbundungsanschluß 32 in das Innere des Pumpengehäuses 65. Der den Ausgang bildende Fluidleitungsanschluß 34 ist an bei Flügelzellenpumpen üblicher Stelle vorgesehen. Die Rückschlagventile sind der besseren Übersichtlichkeit wegen in der Fig. 3 nicht dargestellt.

Die Brennkraftmaschine treibt über die mechanischen Übertragungsmittel 24 den Pumpenkörper 62 im Uhrzeigersinn (Pfeil 62p). Wenn einer der Trennflügel 62b den Luftzuführungsanschluß 36 überfahren hat, dann kann zunächst Luft in den entsprechenden Pumpenraum 66 einströmen. Danach überstreicht der Trennflügel 62b des Pumpenkörpers 62b den Kraftstoffverbundungsanschluß 32, so daß nun der Kraftstoff in den entsprechenden Pumpenraum 66 fließen kann. Dort vermischt sich der Kraftstoff mit der Luft. Dieses Gemisch wird dann, nachdem der entsprechende Pumpenraum 66 bei weiterer Drehung des Pumpenkörpers 62 den Fluidleitungsanschluß 34 erreicht hat, durch den Fluidleitungsanschluß 34 in die Fluidleitung 14 gefördert.

Die Fig. 4 zeigt ausschnittsweise ein weiteres bevorzugt ausgewähltes Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Kraftstoffversorgungsanlage.

Im Unterschied zur Fig. 2 führt in der Fig. 4 der Kraftstoffverbundungsanschluß 32 der Kraftstoffverbindung 10 am unteren Umkehrpunkt bzw. im Bereich des unteren Umkehrpunkts des Pumpenkörpers 62 in den Pumpenraum 66.

D. h., bei dem in der Fig. 4 dargestellten Ausführungsbeispiel wird der Kraftstoffverbundungsanschluß 32 während der Expansionsphase (Pumpenkörper 62 nach unten) gegen Ende der Expansionsphase bzw. erst mit Beendung der Expansionsphase geöffnet.

Die Rückstelleinrichtung 68 treibt den Pumpenkörper 62 nach unten. Wegen der Rückstelleinrichtung 68 kann bis zum Öffnen des Kraftstoffverbundungsanschlusses 32 der Druck im Pumpenraum 66 stark absinken, und zwar normalerweise bis auf Dampfdruckniveau.

Des weiteren wird der Kraftstoffverbundungsanschluß 32 der Kraftstoffverbindung 10 unmittelbar mit Beginn der Kompressionsphase (Pumpenkörper 62 nach oben) bzw. relativ kurz nach Beginn der Kompressionsphase geschlossen. Damit kann bei dem in der Fig. 4 dargestellten Ausführungsbeispiel auf die in den Fig. 1 und 2 gezeigten Rückschlagventile 42, 42', 42''

verzichtet werden.

In Fig. 2 ist der in den Pumpenraum 66 führende Luftzuführungsanschluß 36 der Luftleitung 16 ständig geöffnet. Es ist aber auch möglich, die Kraftstoffpumpe 12 so auszubilden, daß der Luftpumfungsanschluß 36 zeitweise geschlossen ist (Fig. 4). Während der Kompressionsphase verschließt der Pumpenkörper 62 den Luftzuführungsanschluß 36, so daß bei weiterer Kompression (Aufwärtsbewegung des Pumpenkörpers 62) der Kraftstoff bzw. das Kraftstoff-Luftgemisch nur noch über den Fluidleitungsanschluß 34 in die Fluidleitung 14 entweichen kann. Dies bietet den Vorteil, daß während der Kompressionsphase, sobald der Pumpenkörper 62 den Luftzuführungsanschluß 36 geschlossen hat, das Volumen stromaufwärts vom Luftzuführungsanschluß 36 (d. h. in Strömungsrichtung betrachtet das Volumen der Luftleitung 16 vor dem Luftzuführungsanschluß 36) keinen negativen Einfluß auf den Wirkungsgrad der Kraftstoffpumpe 12 ausüben kann. Insbesondere kann sich dadurch das Inhaltsvolumen der Vermischungseinrichtung 70 nicht als schädliches Totvolumen beim Wirkungsgrad der Kraftstoffpumpe 12 bemerkbar machen.

Mit dem Steuerventil 20 (Fig. 1) kann die Menge der Luft, die dem Kraftstoff in der Kraftstoffpumpe 12 zugesetzt werden soll, beeinflußt werden. Wie die Fig. 1 zeigt, ist das gemeinsame Steuerventil 20 für die Zumesung der Luft in die drei Kraftstoffpumpenelemente 30, 30', 30'' der Kraftstoffpumpe 12 zuständig. Die Fig. 2 und 4 zeigen, daß es aber auch möglich ist, die Kraftstoffversorgungsanlage so auszubilden, daß das Steuerventil 20 nur für das eine Kraftstoffpumpenelement 30 zuständig ist. Es ist also auch möglich, für jedes Kraftstoffpumpenelement 30, 30', 30'' (Fig. 1) je ein separates Steuerventil vorzusehen.

Im Prinzip genügt es, die Kraftstoffpumpe 12 mit einem einzigen Kraftstoffpumpenelement 30 zu versehen. Allerdings entsteht dann eine häufig unerwünschte Druckpulsation in der Fluidleitung 14. Deshalb wird vorgeschlagen, mindestens zwei Kraftstoffpumpenelemente, vorzugsweise aber die drei Kraftstoffpumpenelemente 30, 30', 30'' vorzusehen. Es können aber auch vier oder mehr Kraftstoffpumpenelemente zu der einen Kraftstoffpumpe 12 zusammengefaßt werden. Mit zunehmender Anzahl der Kraftstoffpumpenelemente vermindert sich die Druckpulsation in der Fluidleitung 14.

Mit dem Steuerventil 20 kann die Menge der Luft, die dem Kraftstoff in der Kraftstoffpumpe 12 zugemischt werden soll, beeinflußt werden. Die Menge der Luft, die in der Kraftstoffpumpe 12 dem Kraftstoff zugemischt wird, beeinflußt aber auch die Menge des von der Kraftstoffpumpe 12 in die Fluidleitung 14 gepumpten Kraftstoffs. Ist die Menge an Kraftstoff, die die Kraftstoffpumpe 12 in die Fluidleitung 14 pumpt, größer als die Menge an Kraftstoff, die von den Kraftstoffdüsen 50, 50', 50'', 50''' aus der Fluidleitung 14 entnommen wird, so steigt der Druck in der Fluidleitung 14 an. Andererseits, ist die in die Fluidleitung 14 hineingepumpte Kraftstoffmenge kleiner als die aus der Fluidleitung 14 entnommene Kraftstoffmenge, so sinkt der Druck in der Fluidleitung 14. Der Druck in der Fluidleitung 14 kann mit Hilfe des Drucksensors 54 gemessen werden. Der Drucksensor 54 meldet sein Signal an die Steuerungseinrichtung 26, die entsprechend dem in der Fluidleitung 14 für den Druck gewünschten Wert das Steuerventil 20 entsprechend einstellen kann. Damit kann über das Steuerventil 20 auf einfache und geschickte Weise der vor den Kraftstoffdüsen 50, 50', 50'', 50''' in der Fluidleitung 14 anstehende Druck beeinflußt werden. Weil die

Kraftstoffpumpe 12 direkt mechanisch an die Drehzahl der Abtriebswelle 24a der Brennkraftmaschine 22 gekoppelt ist, wäre eine Beeinflussung der Fördermenge der Kraftstoffpumpe über eine von der Drehzahl der Abtriebswelle 24a unabhängigen Beeinflussung der Antriebsdrehzahl der Kraftstoffpumpe sehr schwierig. Die Beeinflussung der geförderten Kraftstoffmenge über das Steuerventil 20 ist demgegenüber wesentlich einfacher.

- 10 Die dem Kraftstoff in der Kraftstoffpumpe 12 zugesetzte Luft beeinflußt auch die Aufbereitung und dadurch die Zündfähigkeit des Kraftstoffs in den Brennräumen 22a, 22a', 22a'', 22a'''. Insbesondere bei niedrigen Drehzahlen und kleiner in die Brennräume 22a, 22a', 22a'', 22a''' eingespritzter Kraftstoffmenge, soll die Zündfähigkeit durch die zugegebene Luft besonders verbessert werden. Bei der vorgeschlagenen Kraftstoffversorgungsanlage ist es möglich, die Steuerungseinrichtung 26 so zu programmieren, daß je nach Betriebsbedingungen und je nach Aufbereitung bzw. Zündfähigkeit des Kraftstoff-Luftgemischs, die Menge der zugegebenen Luft gesteuert wird. Deshalb wird vorzugsweise dann, wenn die Brennkraftmaschine kleine Kraftstoffmengen benötigt, das Steuerventil 20 weit geöffnet,
- 15 was den erwünschten Effekt bietet, daß sich die Zündfähigkeit des Kraftstoffs im Brennraum verbessert und daß, weil dadurch die Kraftstoffpumpe 12 weniger Kraftstoff fördert, der Druck in der Fluidleitung 14 sinkt.
- 20 30 Das Steuerventil 20 kann beispielsweise eine verstellbare Drossel sein, die mit Hilfe eines elektrischen Stellmagneten verstellbar ist. Es ist aber auch möglich, das Steuerventil 20 beispielsweise in Form eines Sperrventils auszubilden, das durch taktweise Ansteuerung kurzzeitig öffnet und schließt und durch Variation der Öffnungszeit die Menge der durch das Steuerventil 20 strömenden Luft steuert.

Die Kraftstoffversorgungsanlage dient zum Versorgen einer Brennkraftmaschine mit Kraftstoff und umfaßt die Kraftstoffpumpe 12. In der Kraftstoffpumpe 12 gibt es den mindestens einen Pumpenraum 66, dessen Volumen mit Hilfe des mindestens einen antreibbaren Pumpenkörpers 62 veränderbar ist. Über den Kraftstoffverbindungsanschluß 32 kann der Kraftstoff in den Pumpenraum 66 und über den Fluidleitungsanschluß 34 aus dem Pumpenraum 66 gelangen. Der Luftzuführungsanschluß 36 mündet ebenfalls in den Pumpenraum 66. Im Pumpenraum 66 kann sich die über den Luftzuführungsanschluß 36 einströmende Luft mit dem über den Kraftstoffverbindungsanschluß 32 einströmenden Kraftstoff vermischen. Es entsteht das Kraftstoff-Luftgemisch. Bei angetriebenem Pumpenkörper 62 vergrößert sich während einer Expansionsphase der Pumpenraum 66 und während einer Kompressionsphase verkleinert sich der Pumpenraum 66. Je nach Bauart der Kraftstoffpumpe 12 und abhängig von der Plazierung des Kraftstoffverbindungsanschlusses 32, des Fluidleitungsanschlusses 34 und des Luftzuführungsanschluß 36 strömen während der Expansionsphase oder zumindest zeitweise während der Expansionsphase Kraftstoff bzw. Luft in den Pumpenraum 66. Ggf. erstreckt sich das Einströmen geringfügig in den Bereich der Kompressionsphase. Während der Kompressionsphase wird der Kraftstoff bzw. das Kraftstoff-Luftgemisch zum Fluidleitungsanschluß 34 gefördert. Vom Fluidleitungsanschluß 34 gelangt der Kraftstoff bzw. das Kraftstoff-Luftgemisch schließlich in den mindestens einen Brennraum 22a der Brennkraftmaschine 22. Der Kraftstoff

wird vorzugsweise direkt in den Brennraum 22a gespritzt. Es gibt auch Ausführungen, bei denen der Kraftstoff bzw. das Kraftstoff-Luftgemisch in das Saugrohr geliefert und dort einem in den Brennraum der Brennkraftmaschine führenden Einlaßventil vorgelagert wird.

Je nach Betriebsbedingungen der Brennkraftmaschine 22, z. B. bei Vollast, kann die Luftzugabe in den Pumpenraum 66 z. B. durch Schließen des Steuerventils 20 vollständig unterbunden sein.

Die Vorförderpumpe 6 erleichtert das Arbeiten der Kraftstoffpumpe 12 wesentlich, insbesondere bei Kraftstoffversorgungsanlagen, bei denen der Kraftstoff unter hohem Druck in den Brennraum eingespritzt werden soll. Während der Expansionsphase tritt in dem Pumpenraum 66 eine Druckabsenkung auf. Durch entsprechende Wahl der Bauart der Kraftstoffpumpe, insbesondere durch entsprechendes Plazieren des Kraftstoffverbindungsanschlusses 32 und des Luftzuführungsanschlusses 36 kann der Druck im Pumpenraum 66 so weit abgesenkt werden, daß die Luft ohne eine Luftförderpumpe in den Pumpenraum 66 strömt.

Die Steuerung der Zugabe der Luft kann über das stromaufwärts von dem Luftzuführungsanschluß 36 (d. h. in Strömungsrichtung betrachtet vor dem Luftzuführungsanschluß 36) vorgesehene Steuerventil 20 auf einfache Weise erfolgen.

Zur Verminderung des Totvolumens der Kraftstoffpumpe 12 wird während der Kompressionsphase der Luftzuführungsanschluß 36, 36', 36'' geschlossen. Dies kann mit Hilfe von separaten, in der Zeichnung nicht dargestellten Ventilen geschehen. Diese Ventile können so ausgeführt bzw. gesteuert sein, daß der Luftzuführungsanschluß 36, 36', 36'' nur während der Kompressionsphase geschlossen ist bzw. gegen Ende der Kompressionsphase geschlossen wird. Die Ventile können so gesteuert sein, daß der Luftzuführungsanschluß 36, 36', 36'' nur während der Kompressionsphase geschlossen und während der Expansionsphase geöffnet ist. Die Ventile können aber auch so gesteuert sein, daß beispielsweise gegen Ende der Kompressionsphase und im entsprechenden Bereich zu Beginn der Expansionsphase der Luftzuführungsanschluß 36, 36', 36'' geschlossen und während der übrigen Zeit geöffnet ist.

Wie die dargestellten Ausführungsbeispiele zeigen, kann auf die soeben beschriebenen Ventile verzichtet werden und der Luftzuführungsanschluß 36, 36', 36'' kann direkt vom Pumpenkörper 62, 62', 62'' geschlossen bzw. geöffnet werden.

Wenn während der Expansionsphase zeitweise der Luftzuführungsanschluß 36 geöffnet und gleichzeitig der Kraftstoffverbindungsanschluß 32 geschlossen ist, dann kann dies das Einströmen der Luft wesentlich begünstigen. Besonders wirksam ist diese Maßnahme insbesondere zu Beginn der Expansionsphase.

Das Öffnen und Schließen des Kraftstoffverbindungsanschlusses 32 kann mit Hilfe spezieller, separater, nicht dargestellter Ventile erfolgen oder, wie anhand der Ausführungsbeispiele erläutert, vorzugsweise direkt mit dem Pumpenkörper 62.

Die Wirksamkeit der Vermischungseinrichtung 70 ist besonders günstig wenn sie direkt dort, wo die Luft mit dem Kraftstoff zusammengeführt wird, angeordnet ist.

Die Bauart der Kraftstoffpumpe bestimmt die Bewegungsrichtung des Pumpenkörpers 62. Die Bewegungsrichtung ist beispielsweise linear, rotatorisch oder kombiniert orientiert.

Die Kraftstoffversorgungsanlage gestattet ein einfaches Verfahren zum Zumischen von Luft in den Kraft-

stoff.

Das Zumischen der Luft in den Pumpenraum 66 kann von der Steuerungseinrichtung 26 beispielsweise in Abhängigkeit des stromabwärts von der Kraftstoffpumpe 12, d. h. in Strömungsrichtung betrachtet hinter der Kraftstoffpumpe 12 herrschenden Drucks oder in Abhängigkeit der Aufbereitung des in den Brennraum 22a der Brennkraftmaschine 22 gelieferten Kraftstoffs gesteuert werden. Die Steuerungseinrichtung 26 kann aber auch so ausgebildet bzw. programmiert sein, daß sie bei der Steuerung der Luftzugabe gleichzeitig sowohl den Druck als auch die Kraftstoff-Aufbereitung berücksichtigt, um stets optimale Betriebsbedingungen für die Brennkraftmaschine zu erhalten.

#### Patentansprüche

1. Kraftstoffversorgungsanlage zum Versorgen einer Brennkraftmaschine mit Kraftstoff, mit einem Kraftstoffvorratsbehälter und mit einer Kraftstoffpumpe mit mindestens einem, mit Hilfe eines antriebbaren Pumpenkörpers veränderbaren Pumpenraum, mit einem in den Pumpenraum führenden Kraftstoffverbindungsanschluß und einem aus dem Pumpenraum führenden Fluidleitungsanschluß, wobei bei angetriebenem Pumpenkörper der Pumpenraum während einer Expansionsphase sich vergrößert und während einer Kompressionsphase sich verkleinert und der Kraftstoff infolge des Vergrößerns und Verkleinerns des Pumpenraums über den Kraftstoffverbindungsanschluß in den Pumpenraum und über den Fluidleitungsanschluß aus dem Pumpenraum zumindest indirekt in mindestens einen Brennraum der Brennkraftmaschine geliefert wird, dadurch gekennzeichnet, daß ein in den Pumpenraum mündender Luftzuführungsanschluß (36, 36', 36'') vorgesehen ist, über den zumindest zeitweise während der Expansionsphase Luft in den Pumpenraum (66) gebbar ist.

2. Kraftstoffversorgungsanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine Vorförderpumpe (6) vorgesehen ist zur Förderung des Kraftstoffs aus dem Kraftstoffvorratsbehälter (2) in Richtung des Kraftstoffverbindungsanschlusses (32, 32', 32'') der Kraftstoffpumpe (12).

3. Kraftstoffversorgungsanlage nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß eine während der Expansionsphase in dem Pumpenraum (66) auftretende Druckabsenkung über den Luftzuführungsanschluß (36, 36', 36'') die Luft in den Pumpenraum (66) fördert.

4. Kraftstoffversorgungsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß stromaufwärts von dem Luftzuführungsanschluß (36, 36', 36'') ein die Zuggabe der Luft in den Pumpenraum (66) beeinflussendes Steuerventil (20) vorgesehen ist.

5. Kraftstoffversorgungsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Luftzuführungsanschluß (36, 36', 36'') zumindest während der Kompressionsphase mindestens zeitweise geschlossen ist.

6. Kraftstoffversorgungsanlage nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Luftzuführungsanschluß (36, 36', 36'') vom Pumpenkörper (62, 62', 62'') geschlossen wird.

7. Kraftstoffversorgungsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der

Kraftstoffverbindungsanschluß (32, 32', 32'') zumindest während der Kompressionsphase mindestens zeitweise geschlossen ist.

8. Kraftstoffversorgungsanlage nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Pumpenkörper (62, 62b) zum Öffnen und Schließen des Kraftstoffverbindungsanschlusses (32, 32', 32'') dient. 5

9. Kraftstoffversorgungsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß während der Expansionsphase zeitweise gleichzeitig 10 der Luftzuführungsanschluß (36, 36', 36'') geöffnet und der Kraftstoffverbindungsanschluß (32, 32', 32'') geschlossen ist.

10. Kraftstoffversorgungsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß im 15 Bereich des Luftzuführungsanschlusses (36, 36', 36'') eine Vermischungseinrichtung (70) vorgesehen ist.

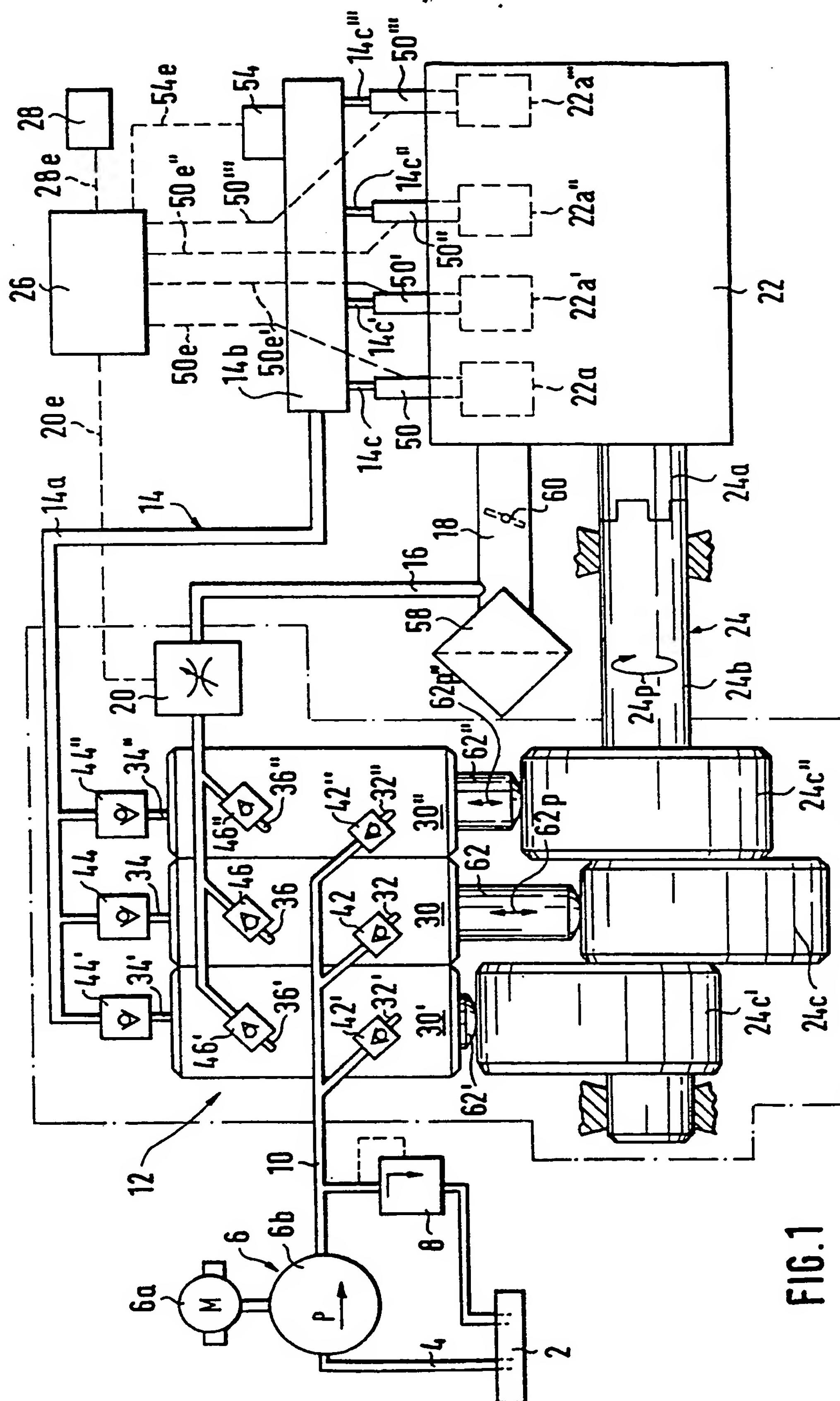
11. Verfahren zum Betreiben einer Kraftstoffversorgungsanlage zum Versorgen einer Brennkraftmaschine mit Kraftstoff, mit einem Kraftstoffvorratsbehälter und mit einer Kraftstoffpumpe mit mindestens einem, mit Hilfe eines antreibbaren Pumpenkörpers veränderbaren Pumpenraum, mit einem in den Pumpenraum führenden Kraftstoffverbindungsanschluß und einem aus dem Pumpenraum führenden Fluidleitungsanschluß, wobei bei angetriebenem Pumpenkörper der Pumpenraum während einer Expansionsphase sich vergrößert und während einer Kompressionsphase sich verkleinert und der Kraftstoff infolge des Vergrößerns und Verkleinerns des Pumpenraums über den Kraftstoffverbindungsanschluß in den Pumpenraum und über den Fluidleitungsanschluß aus dem Pumpenraum zumindest indirekt in mindestens einen Brennraum der Brennkraftmaschine geliefert wird, dadurch gekennzeichnet, daß über einen in den Pumpenraum (66) mündenden Luftzuführungsanschluß (36, 36', 36'') zumindest zeitweise während der Expansionsphase Luft in den Pumpenraum (66) 40 gegeben wird. 30

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Zugabe der Luft in den Pumpenraum (66) in Abhängigkeit eines stromabwärts der Kraftstoffpumpe (12) herrschenden Drucks gesteuert wird. 45

13. Verfahren nach Anspruch 11 oder Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Zugabe der Luft in den Pumpenraum (66) in Abhängigkeit einer Aufbereitung dem in dem Brennraum (22a, 22a', 50 22a'', 22a''') der Brennkraftmaschine (22) gelieferten Kraftstoffs gesteuert wird.

---

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen



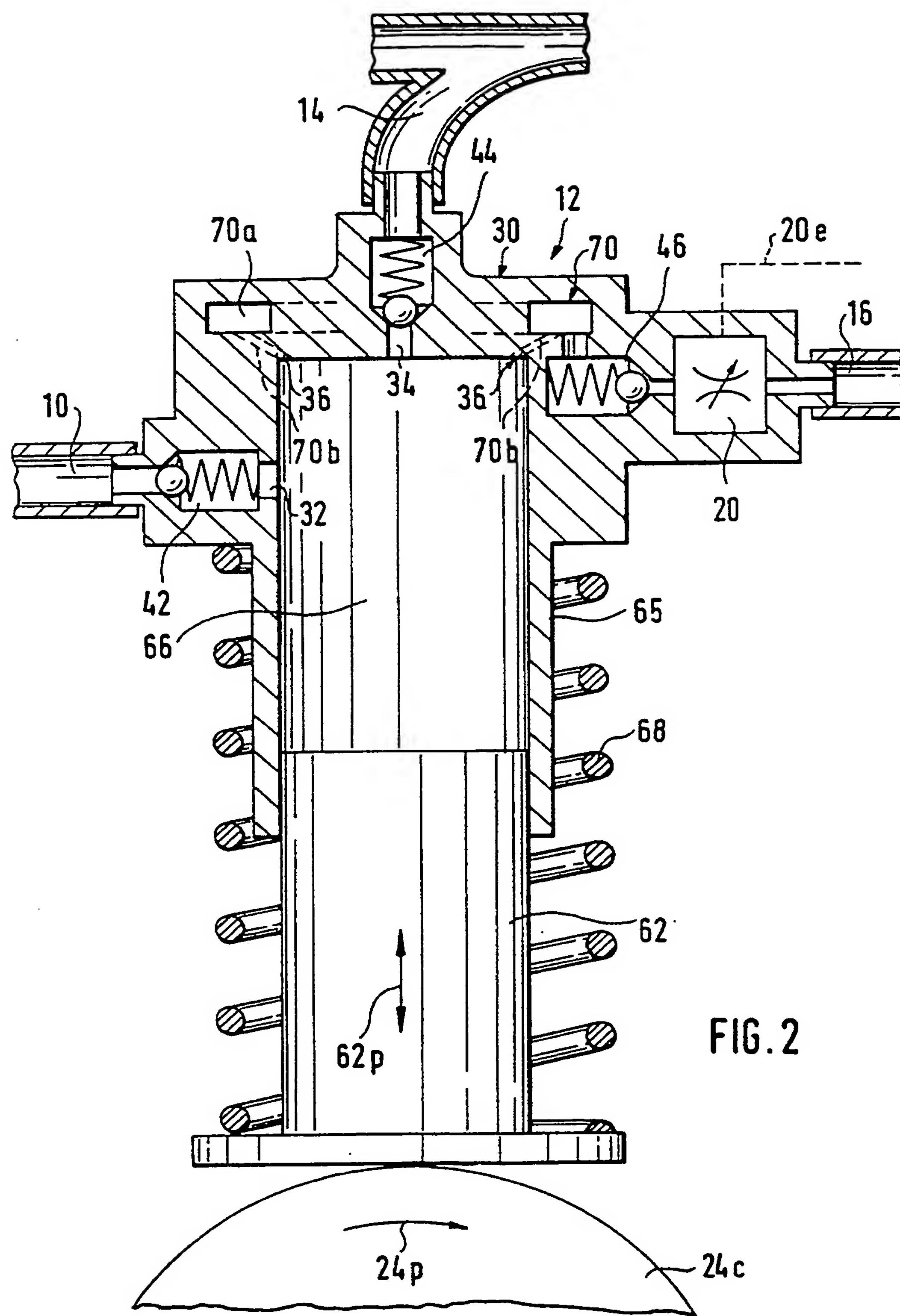


FIG. 2

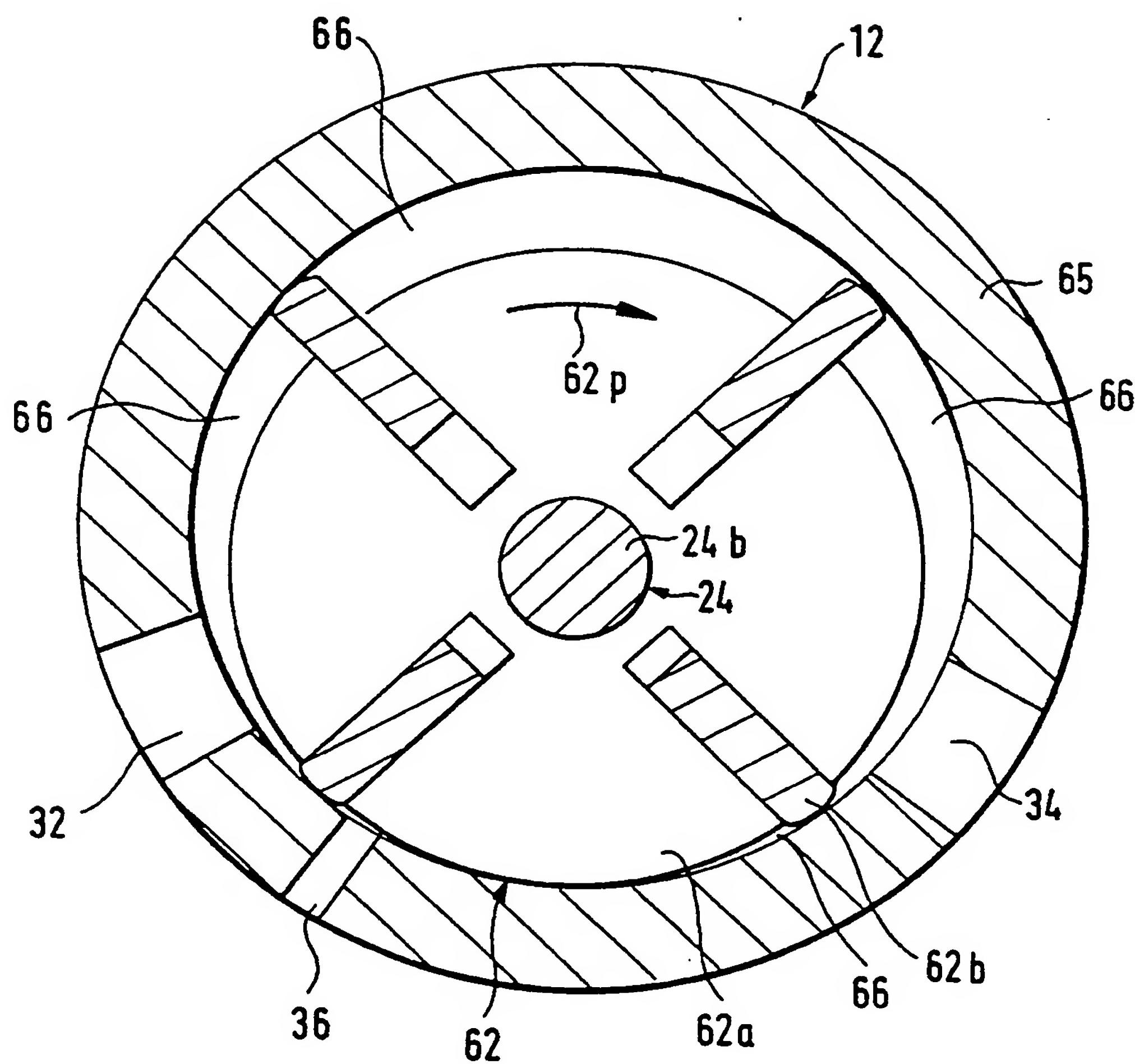


FIG.3

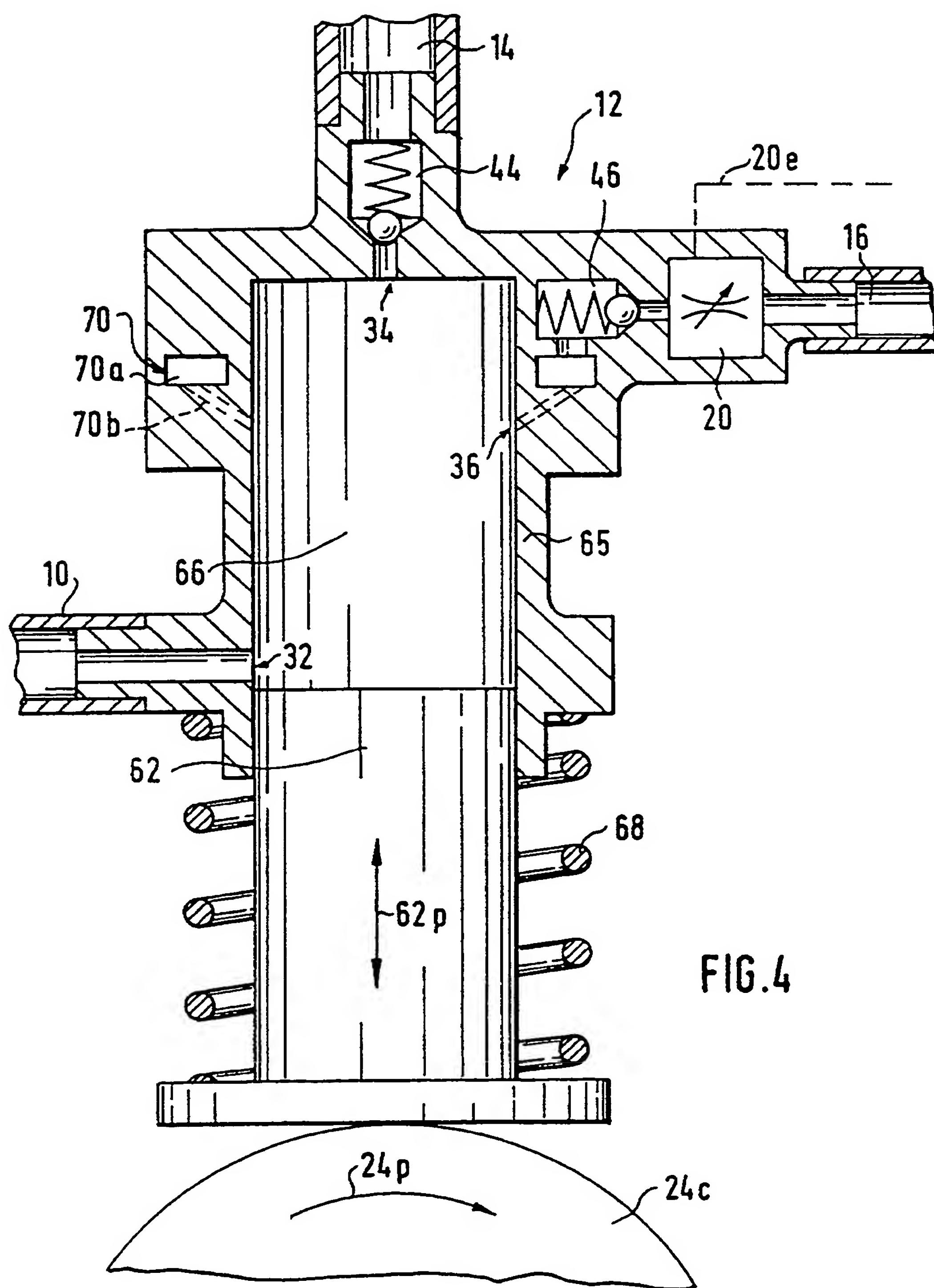


FIG.4